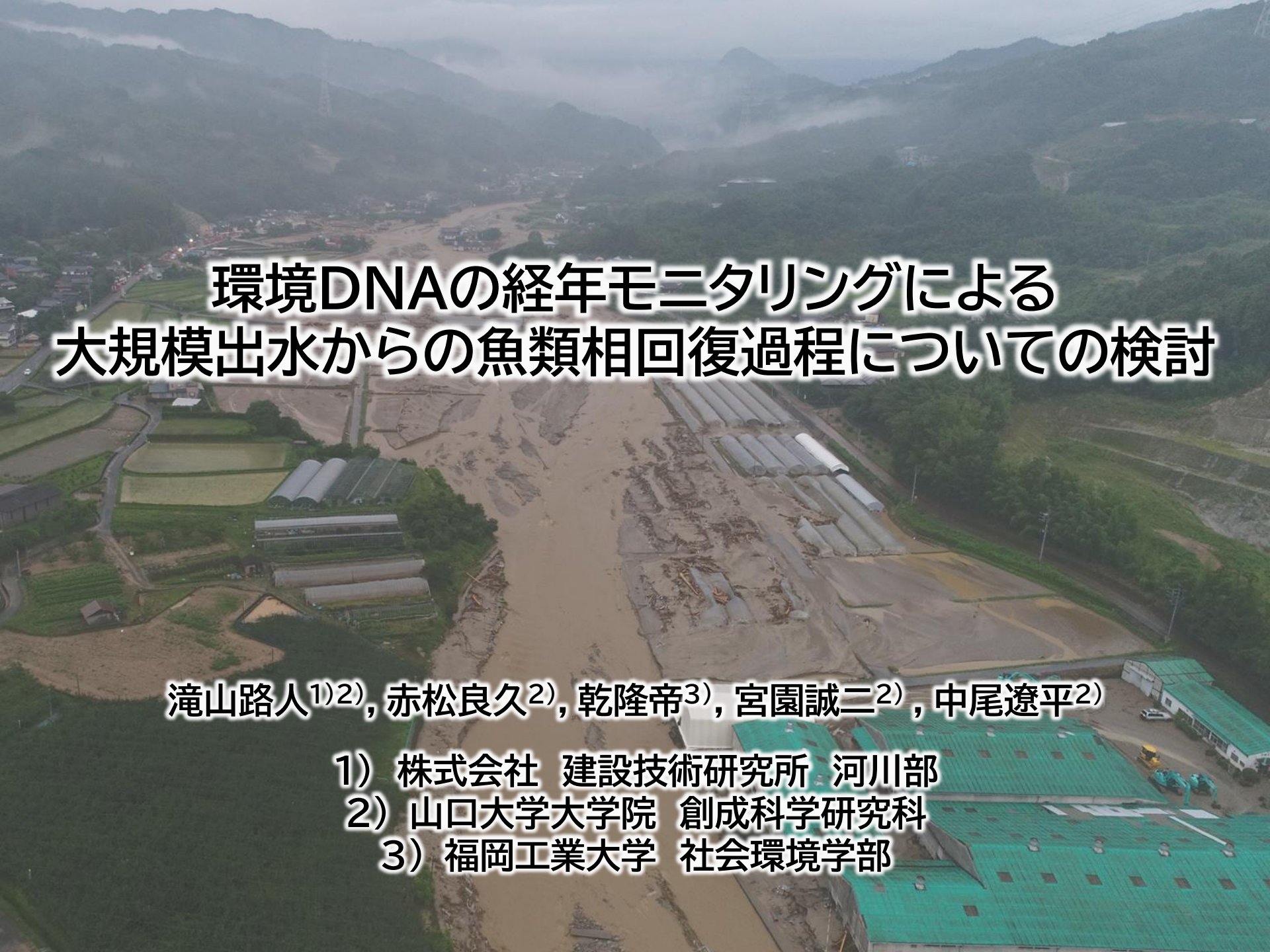




環境DNAの経年モニタリングによる 大規模出水からの魚類相回復過程についての検討

滝山路人¹⁾²⁾, 赤松良久²⁾, 乾隆帝³⁾, 宮園誠二²⁾, 中尾遼平²⁾

1) 株式会社 建設技術研究所 河川部

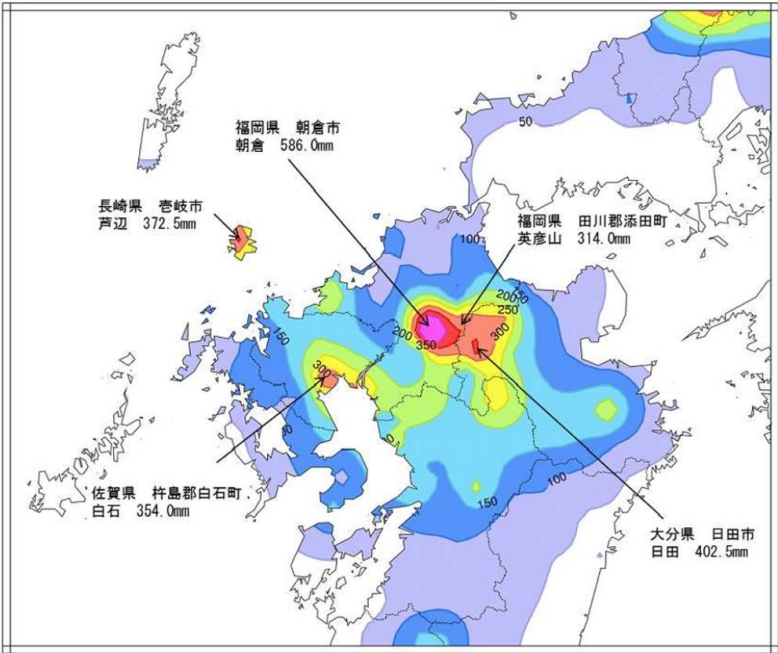
2) 山口大学大学院 創成科学研究科

3) 福岡工業大学 社会環境学部

平成29年7月九州北部豪雨の発生

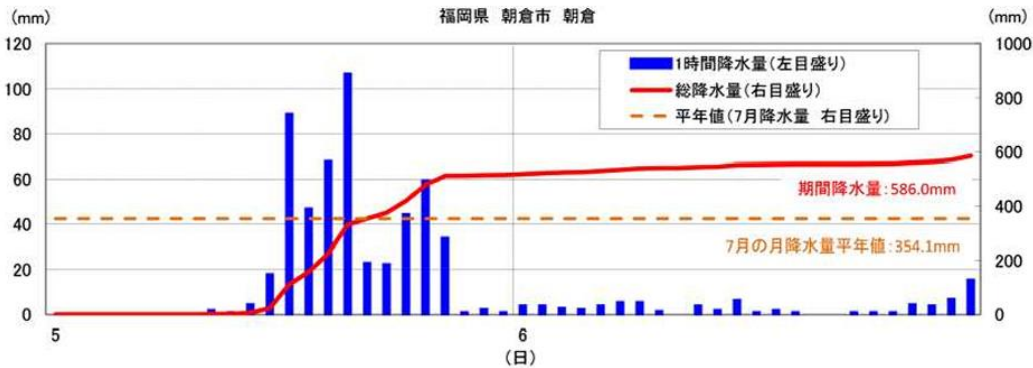
▶7月5日から6日にかけて、線状降水帯が形成・維持され、同じ場所に猛烈な雨を継続して降らせたことから、九州北部地方で記録的な大雨となった。

期間降水量分布図
(7月5日0時～7月6日24時)



※上位5地点については地点名・値を記載

降水量時系列図(7月5日0時～7月6日24時)



24時間降水量の多い方から5位(7月5日0時～7月6日24時)

順位	都道府県	市町村	地点名	降水量		
				(mm)	月/日	時分
1	福岡県	朝倉市	朝倉	545.5	7/6	11:40
2	大分県	日田市	日田	370.0	7/6	10:50
3	長崎県	杵岐市	芦辺	362.5	7/6	24:00
4	佐賀県	杵島郡白石町	白石	328.5	7/6	22:30
5	大分県	中津市	耶馬溪	292.5	7/6	08:40

出典:気象庁HP

大規模出水による生態系への影響や、回復過程を明らかにすることは河川管理や環境保全を行う上で有用であると考えられる

出水時の魚類の行動について

- ▶ 愛媛県の重信川において、出水前後で魚類の生息場が瀬からワンドに変化
角田ら 2019
- ▶ 土木研究所自然共生センターの蛇行河川水路(木曾川支川新境沿い)における出水の水理特性が魚類行動に与える影響に関する実験では、出水流量の大きい出水では上流へ向かい移動
傳田ら 2005
- ▶ 水路実験においてオイカワが植生部分を避難場所として選好
鬼束ら 2024



九州北部豪雨が筑後川水系の魚類の生息状況に与えた影響及び出水からの回復過程について、魚類環境DNA経年モニタリング調査結果を用いて明らかにする

対象河川

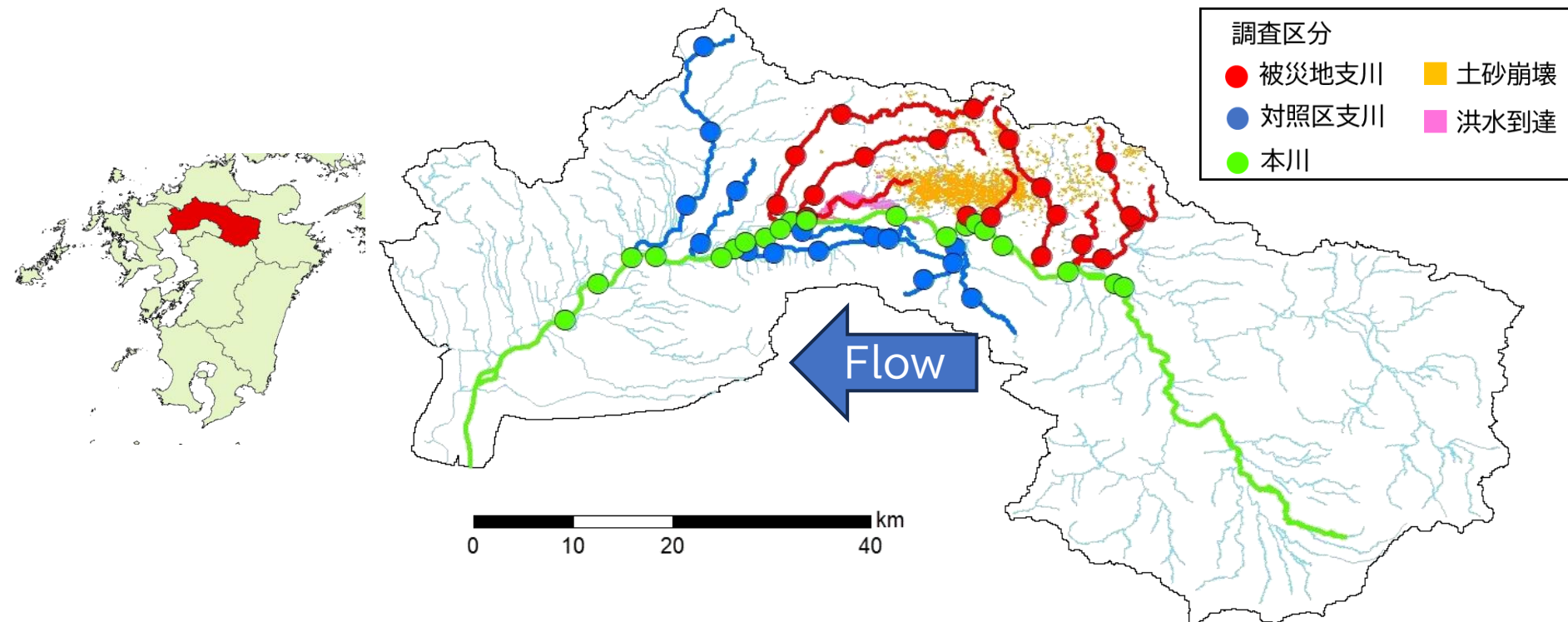
▶筑後川水系:幹川流路延長143km, 流域面積2860km²の九州最大の1級河川

調査時期

▶2017年10月26日～11月1日, 2019年11月10日～11日,
2021年10月25日～11月3日, 2023年10月9日～30日

調査地点および調査内容

▶54地点(被災地支川19地点, 対照区支川15地点, 本川20地点)で採水(表層1L)



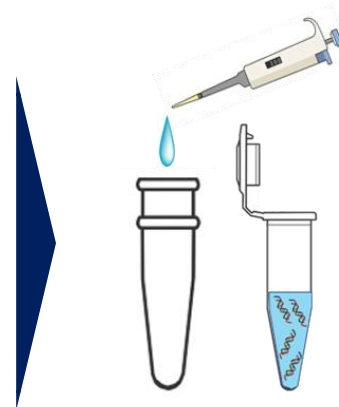
①採水



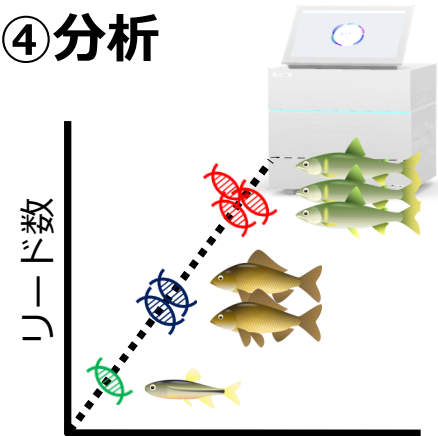
②濾過



③抽出



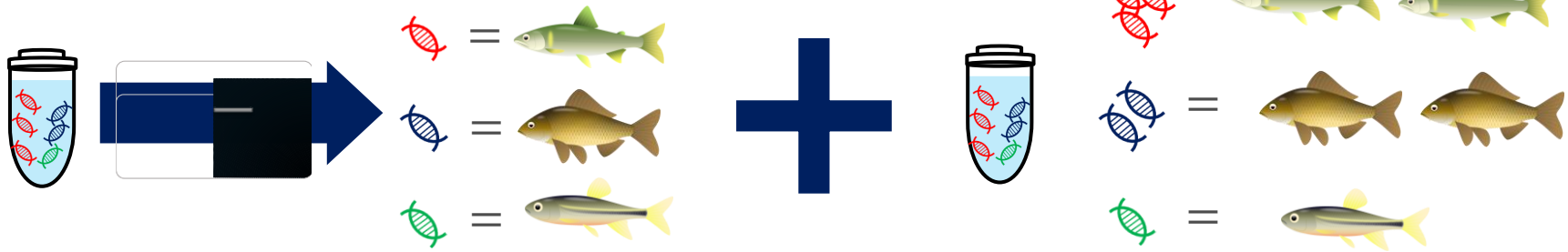
④分析



環境DNA定量メタバーコーディング法（qMiseq法）

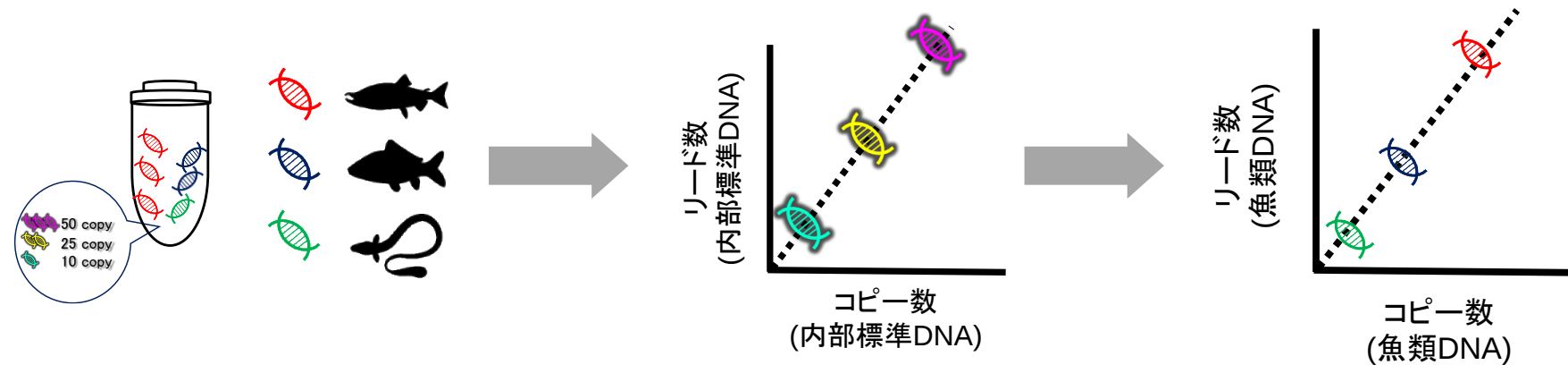
メタバーコーディング

（種の存在を網羅的に評価）



種を網羅的かつ定量的に評価可能

eDNA分析の結果を基に生物量及び魚類多様性を算出



生物量 … 環境DNA濃度の総和

魚種数 … 各地点においてeDNA濃度が検出された魚種の数

Simpson多様度指数(1 - D) … 魚類の構成比に重み付け

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2 = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

$$0 \leq 1 - D \leq 1$$

P_i = 相対優先度

S 種数

n_i i 番目の種の環境DNA濃度

N 各地点ごとの全魚種の環境DNA濃度の総和

NMDS(Non-metric Multidimensional Scaling)により 調査地点・調査時期ごとの魚類群集構造の違いを可視化

*外れ値の影響を防ぐため、環境DNA濃度が0.1%以下の魚種を除外し, sqrt変換したデータを使用

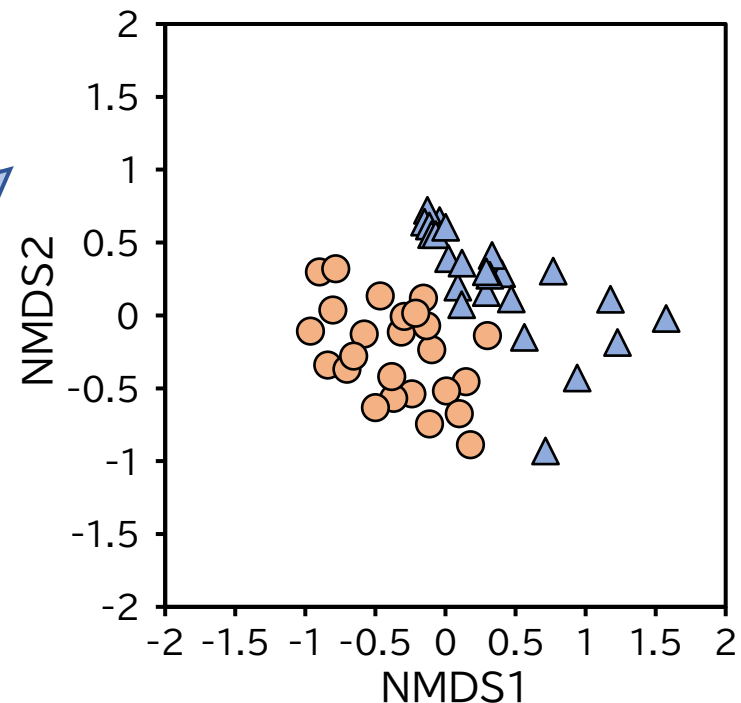
$$BC = \frac{\sum_{i=1}^n |X_{iA} - X_{iB}|}{\sum_{i=1}^n (X_{iA} + X_{iB})}$$

X_{iA} : サンプルAで観測された種 i のコピー数
 X_{iB} : サンプルBで観測された種 i のコピー数
 n : 全サンプルで一度でも観測された種の数

※ $0 \leq BC \leq 1$

N×(N-1)次元のデータ

	a	b	c	...	x	y
b	0.16085					
c	0.242234	0.192109				
d	0.348835	0.362508	0.337886			
:						
x	0.86298	0.900663	0.862064	0.723775		
y	0.785396	0.787908	0.744795	0.429021	0.42243	
z	0.6652	0.655817	0.64513	0.667069	0.668732	0.662446



絶滅危惧種

カテゴリー	和名	17	19	21	23
絶滅危惧IA類	セボシタビラ	●		●	
絶滅危惧IA類	ニッポンバラタナゴ	●	●	●	●
絶滅危惧IA類	ヒナモロコ				●
絶滅危惧IB類	ニホンウナギ	●	●	●	●
絶滅危惧IB類	カゼトゲタナゴ	●	●	●	●
絶滅危惧IB類	ツチフキ	●	●	●	●
絶滅危惧IB類	スジシマドジョウ類	●	●	●	●
絶滅危惧IB類	オヤニラミ	●	●	●	●
絶滅危惧II類	カワヤツメ属	●			
絶滅危惧II類	ゼゼラ	●	●	●	●
絶滅危惧II類	ヤマトシマドジョウ	●	●	●	●
絶滅危惧II類	アカザ	●	●	●	●
絶滅危惧II類	ミナミメダカ	●	●	●	●
準絶滅危惧	ヤリタナゴ	●	●	●	●
準絶滅危惧	アブラボテ	●	●	●	●
準絶滅危惧	ヒガイ属	●	●	●	●
準絶滅危惧	ドジョウ	●	●	●	●
準絶滅危惧	サケ属	●	●	●	●
準絶滅危惧	カジカ属	●	●	●	●

在来普通種

和名	17	19	21	23
コイ	●	●	●	●
フナ属	●	●	●	●
カネヒラ	●	●	●	●
オイカワ	●	●	●	●
カワムツ	●	●	●	●
ヌマムツ	●	●	●	●
ウグイ	●	●	●	●
タカハヤ	●	●	●	●
モツゴ	●	●	●	●
ムギツク	●	●	●	●
ニゴイ属	●	●	●	●
イトモロコ	●	●	●	●
カマツカ	●	●	●	●
ナマズ	●	●	●	●
アユ	●	●	●	●
ドンコ	●	●	●	●
ゴクラクハゼ	●	●	●	●
ヨシノボリ類	●	●	●	●
チチブ属	●	●	●	●

外来種

カテゴリー	和名	17	19	21	23
国内外来	ハス	●	●	●	●
国内外来	タモロコ	●	●	●	●
国内外来	スゴモロコ属	●	●	●	●
国内外来	ギギ	●	●	●	●
国内外来	ワカサギ	●			
国内外来	イワナ属	●			
国外外来	タイリクバラタナゴ			●	●
国外外来	コクレン			●	●
国外外来	ソウギョ	●	●	●	●
国外外来	ニジマス	●	●	●	●
国外外来	ブラウントラウト	●		●	●
国外外来	カダヤシ			●	
国外外来	ブルーギル	●	●	●	●
国外外来	オオクチバス	●	●	●	●
国外外来	カムルチー	●	●	●	●

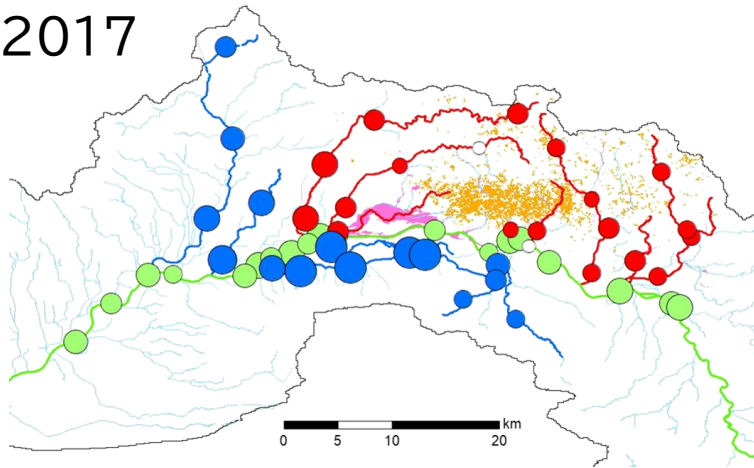
環境DNA分析により計53種を検出

▶ 在来種と考えられる種(以下在来種): 38種

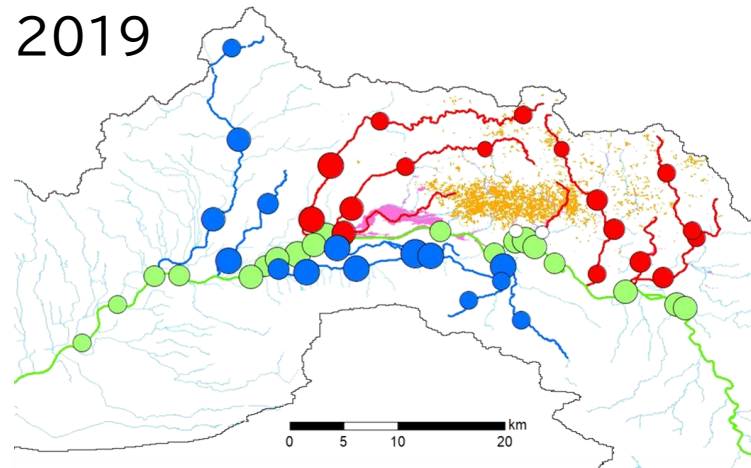
▶ 国外外来: 6種 国内外来: 9種

在来種のみを解析の対象魚種として選定

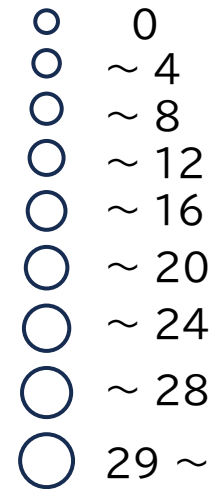
2017



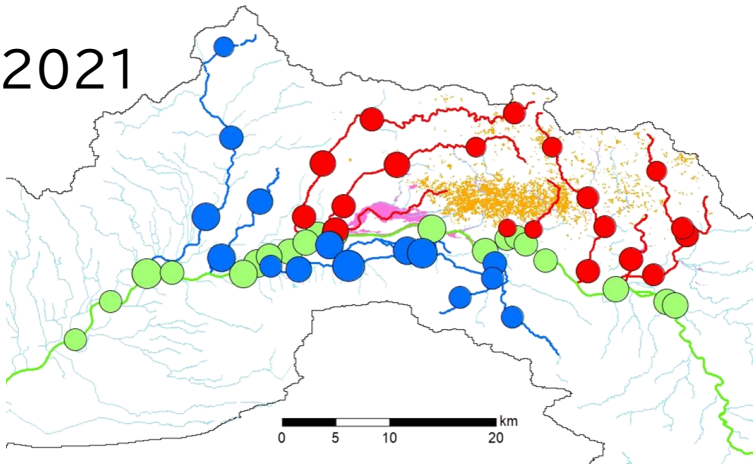
2019



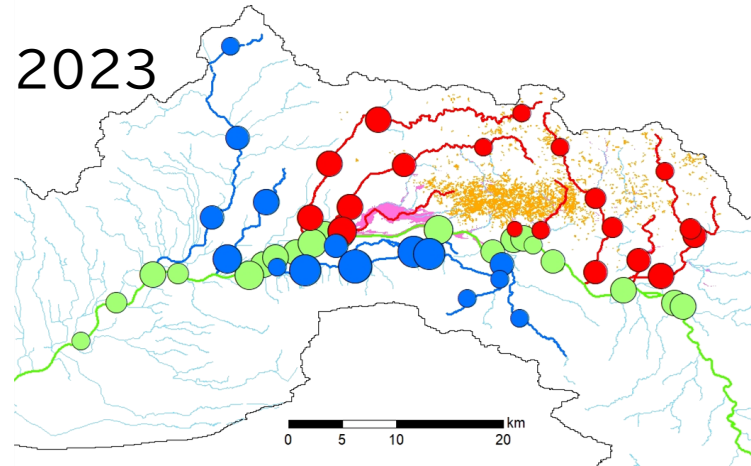
在来魚種数



2021



2023

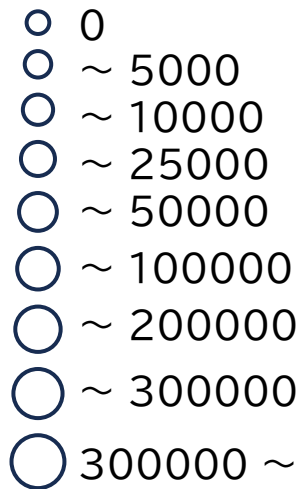


● 被災地支川 ● 対照区支川 ● 本川 ■ 洪水到達 ■ 土砂災害

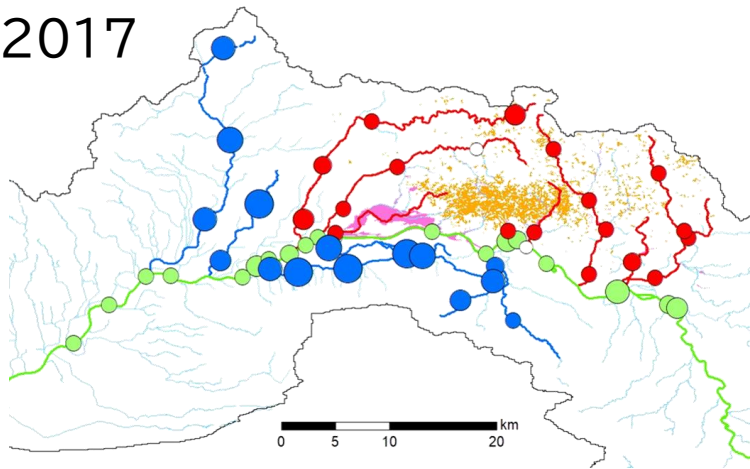
- ・ 災害直後の2017年は対照区支川で魚種数が多い傾向
- ・ 2021年を境に本川及び被災地支川で魚種数が増加
- 災害直後は被災地支川において出水の影響により魚類が押し流されたことが示唆
- 対照区支川に一時的に避難し、河川環境の安定に伴い、移動したことが示唆

※ 生物量 = 在来魚種の環境DNA濃度の総和

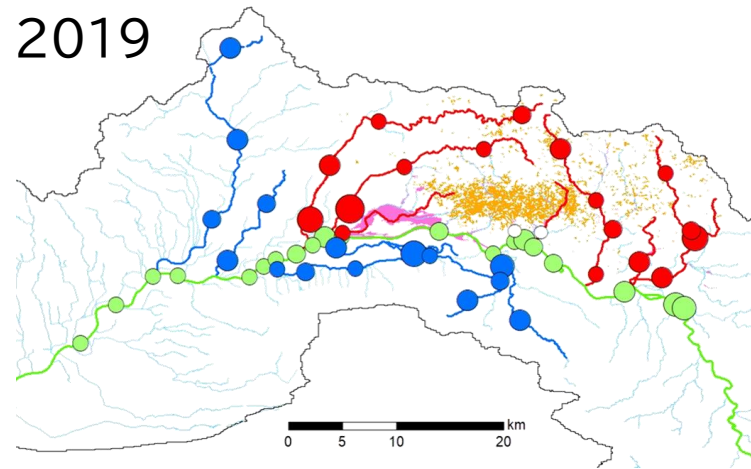
在来魚生物量
(copies/L)



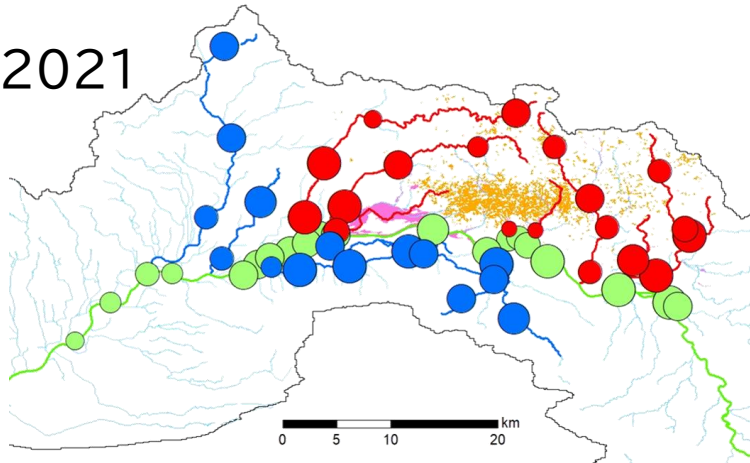
2017



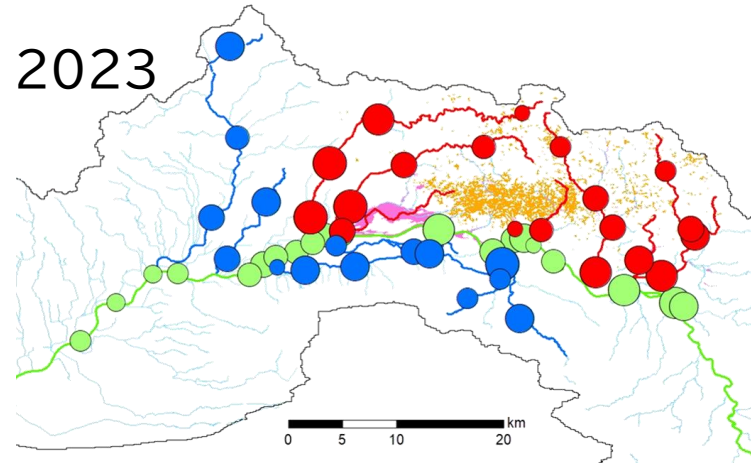
2019



2021

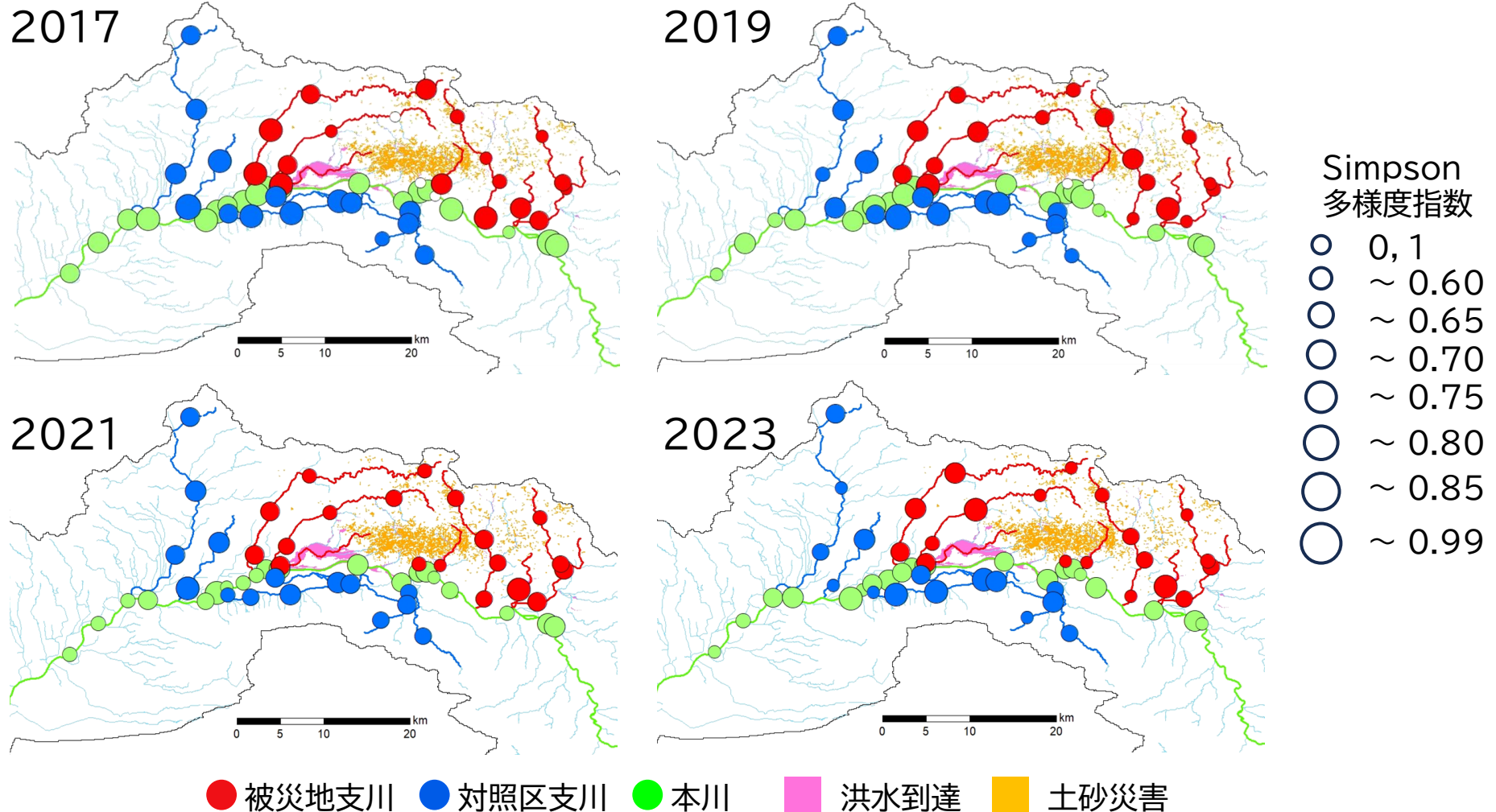


2023

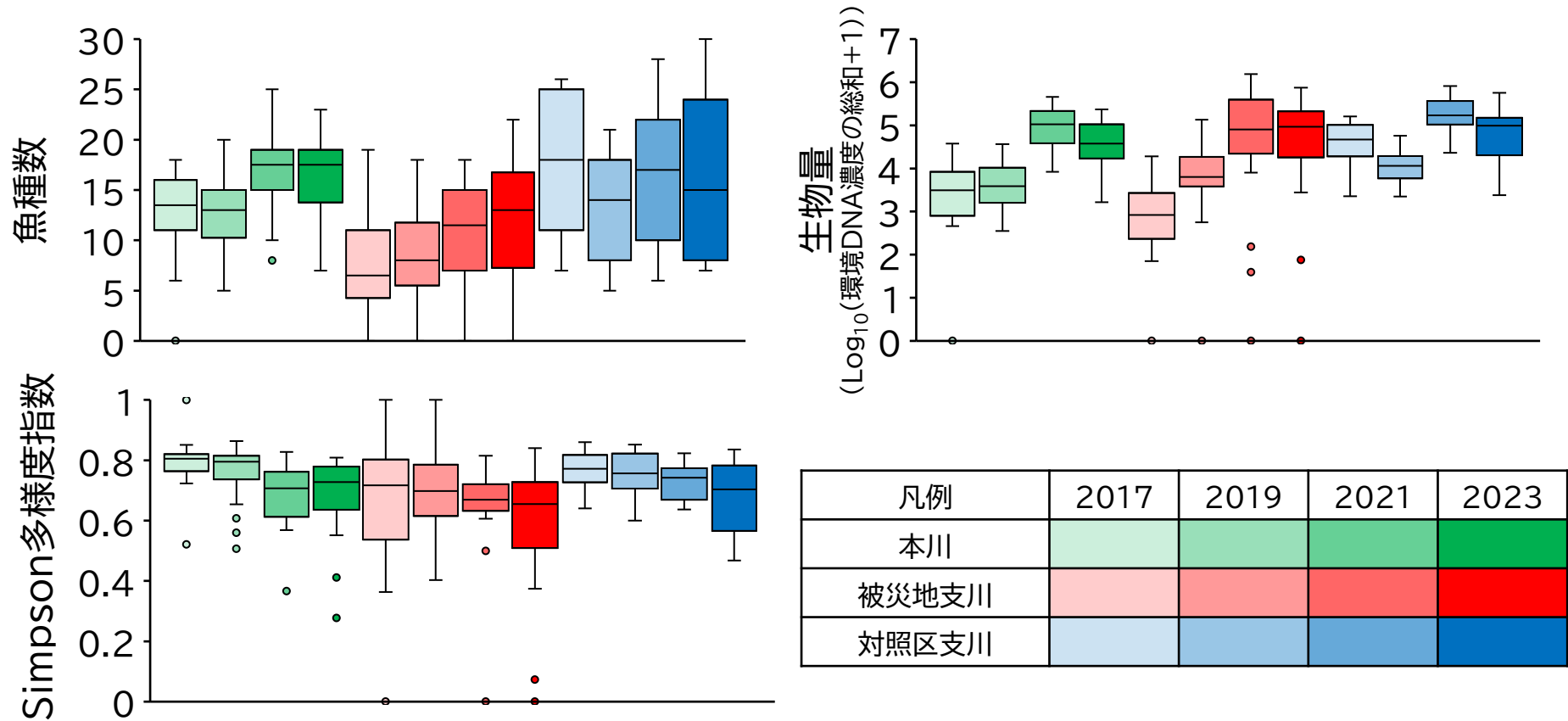


● 被災地支川 ● 対照区支川 ● 本川 ■ 洪水到達 ■ 土砂災害

- ・ 災害直後の2017年は対照区支川で生物量が多く、本川及び被災地支川では生物量が少ない傾向
➤ 出水時の魚類の避難場所となっていたことが示唆
- ・ 2019年から2021年にかけて、本川及び被災地支川で生物量が大幅に増加
➤ 2021年以降は各魚種の生息適地で繁殖したことが示唆

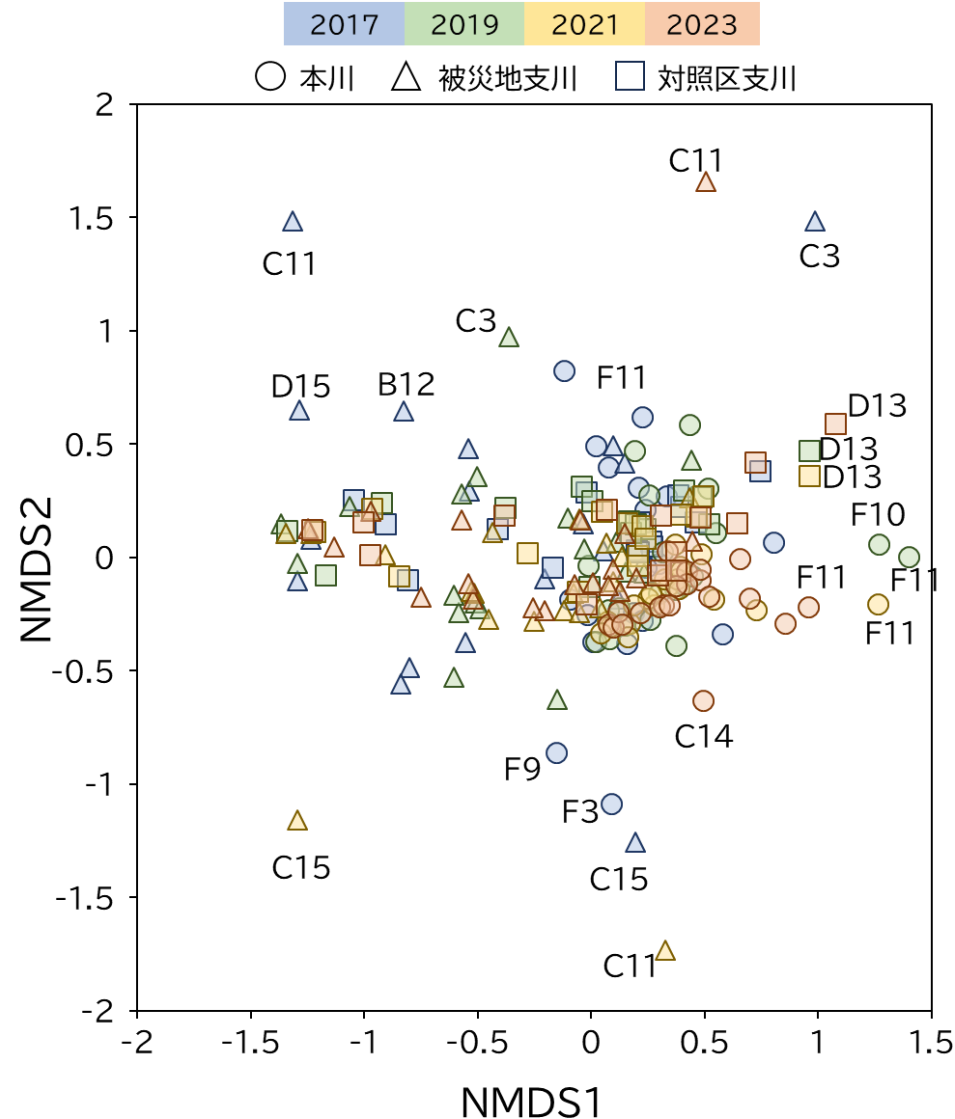


- 2017~2019年は本川や支川との合流部で多様度指数が高い傾向
 - 魚類の移動や攪乱に伴う魚類群集構造の変化により魚種間の生物量の差が軽減
- 被災地支川の多様度は2023年においても低い地点が多くみられる傾向
 - 流域内に広く分布し、河川環境の変化に強い魚種(ヨシノボリ類やコイ科魚類)が優占



- 災害直後の魚種数及び環境DNA濃度の総和は対照区支川で高く、本川及び被災地支川では2019年から2021年に増加する傾向
 - 災害時の魚類の避難場所として対照区支川が機能していたことが示唆
- Simpson多様度指数は出水後に高い値を示し、徐々に低下する傾向
 - 出水による攪乱や魚類の移動により、魚類群集構造が乱れ、魚種間の生物量の差が軽減したため

*環境DNA濃度が検出されなかった以下の地点は、解析から除外
2017C4, 2017C14, 2019C11, 2019C15



- 被災地支川のNMDSプロットの広がりが最も大きく魚類群集構造が大きく異なる傾向

▶他の地点からのプロット間距離の遠いC11やC15地点は土砂災害や河道改修による影響で魚種数及び環境DNA濃度の値が低いため

- 本川及び対照区支川はNMDSプロット上での距離が近い傾向

▶これらの河川区間では被災地支川と比較して出水による魚類への影響が少なく、魚類群集構造の変化が少ない相対的に少なかったため

大規模出水時により、魚類の移動や土砂流入等による河川環境の変化により被災地支川の魚類群集構造が大きく変化することが明らかに

九州北部豪雨が筑後川水系の魚類の生息状況に与えた影響及び
出水からの回復過程について、魚類環境DNA経年モニタリング
調査結果を用いて明らかにする

- 環境DNA分析による魚種ごとの検出状況から、在来普通種は大規模出水後も安定的に生息し、絶滅危惧種は出水による個体数減少や生息場の消失が生じたことが示唆
- 災害直後の2017年は対照区支川で魚種数及び環境DNA濃度が高い傾向にあり、大規模出水時に出水規模の小さい対照区支川が避難場所となっていたことが示唆
- 2019年から2021年にかけて、魚種数及び環境DNA濃度は本川及び被災地支川で増加しており、出水による影響から回復していることが明らかに
- Simpson多様度指数は2017～2019年は本川や支川との合流部で高い傾向であり、出水後は被災地支川などから魚類が避難し、優占種の影響が少なくなることが示唆
- NMDSの結果から、大規模出水後には洪水到達や土砂災害などの被害の大きい被災地支川の魚類群衆構造が特に変化しやすいことが示唆